

PEMANFAATAN SEL SURYA DAN LAMPU LED UNTUK PERUMAHAN

Jatmiko, Hasyim Asy'ari, Mahir Purnama

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura, 57102

E-mail : jkintung@yahoo.com

ABSTRAK

Menipisnya cadangan minyak bumi mengakibatkan naiknya tarif dasar listrik, sehingga biaya listrik setiap tahun mengalami kenaikan. Pemanfaatan energi terbarukan dan pemilihan beban yang tepat merupakan solusi untuk mengatasi kenaikan biaya listrik yang akan terus meningkat, penggunaan sel surya dan lampu LED merupakan pilihan yang tepat karena sel surya tidak memerlukan biaya operasional dan lampu LED merupakan lampu yang memiliki karakteristik sangat hemat energi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa lama hasil produksi sel surya digunakan sebagai sumber energi untuk lampu LED. Metode penelitian ini mengukur produksi energi listrik pada siang hari dengan menggunakan 2 buah sel surya yang masing-masing berkapasitas 10wp, lampu LED dengan jarak 10 cm memiliki tingkat pencahayaan sampai 1750 lux digunakan sebagai beban pada saat malam hari, battery storage, dan lumen meter. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada kondisi cerah mampu digunakan untuk menyalakan atau dibebani lampu LED selama 11.35 jam.

Kata kunci : Sel Surya, Lampu LED, Energi Terbarukan.

1. PENDAHULUAN

Konsumsi energi listrik Indonesia setiap tahunnya terus meningkat sejalan dengan peningkatan pertumbuhan ekonomi nasional. Peningkatan kebutuhan listrik diperkirakan dapat tumbuh rata-rata 6,5% per tahun hingga tahun 2020 [1]. Konsumsi listrik Indonesia yang begitu besar akan menjadi suatu masalah bila dalam penyediaannya tidak sejalan dengan kebutuhan. Kebijakan-kebijakan yang diambil PLN (Perusahaan Listrik Negara) sebagai BUMN (Badan Usaha Milik Negara) penyedia energi listrik semakin menunjukkan bahwa PLN sudah tidak mampu lagi memenuhi kebutuhan listrik nasional.

Energi alternatif dan yang terbarukan mempunyai peran yang sangat penting dalam memenuhi kebutuhan energi. Hal ini disebabkan penggunaan bahan bakar untuk pembangkit-pembangkit listrik konvensional dalam jangka waktu yang panjang akan menguras sumber minyak bumi, gas dan batu bara yang makin menipis dan juga dapat mengakibatkan pencemaran lingkungan. Salah satunya upaya yang telah dikembangkan adalah Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS).

Jika melihat tingkat konsumsi energi di seluruh dunia saat ini, penggunaan energi diprediksikan akan meningkat sebesar 70% antara tahun 2000 sampai 2030. Sumber energi yang berasal dari fosil, yang saat ini menyumbang 87,7% dari total kebutuhan energi dunia diperkirakan akan mengalami penurunan disebabkan tidak lagi ditemukannya sumber cadangan baru. Cadangan sumber energi yang berasal dari fosil diseluruh dunia diperkirakan hanya sampai 40 tahun untuk minyak bumi, 60 tahun untuk gas alam, dan 200 tahun untuk batu bara. Kondisi keterbatasan sumber energi di tengah semakin meningkatnya kebutuhan energi dunia dari tahun ketahun (pertumbuhan konsumsi energi tahun 2004 saja sebesar 4,3%), serta tuntutan untuk melindungi bumi dari pemanasan global dan polusi lingkungan membuat tuntutan untuk segera mewujudkan teknologi baru bagi sumber energi yang terbaharukan [2].

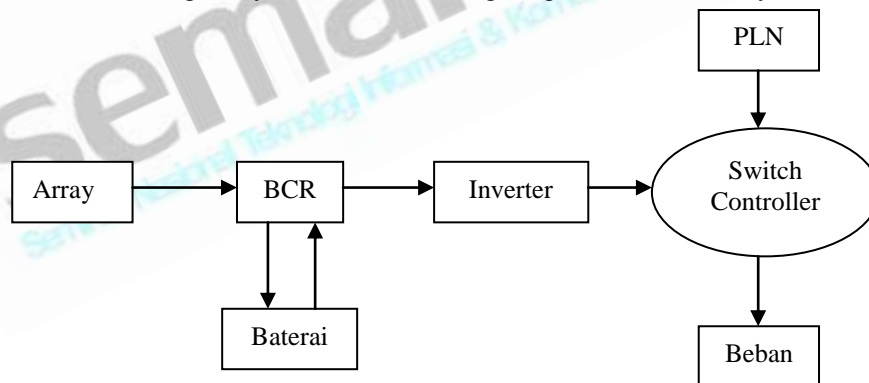
Di antara sumber energi terbarukan yang saat ini banyak dikembangkan [seperti turbin angin, tenaga air (*hydro power*), energi gelombang air laut, tenaga surya, tenaga panas bumi, tenaga hidrogen, dan bio-energi], tenaga surya atau *solar cell* merupakan salah satu sumber yang cukup menjanjikan. Dalam kondisi puncak atau posisi matahari tegak lurus, sinar matahari yang jatuh di permukaan panel surya di Indonesia seluas satu meter persegi akan mampu mencapai 900 hingga 1000 Watt. Lebih jauh pakar *solar cell* dinyatakan bahwa total intensitas penyinaran perharinya di Indonesia mampu mencapai 4500 watt *hour* per meter persegi yang membuat Indonesia tergolong kaya sumber energi matahari ini. Dengan letaknya di daerah katulistiwa, matahari di Indonesia mampu bersinar hingga 2.000 jam pertahunnya. Jumlah energi

sebesar itu setara dengan 10.000 kali konsumsi energi di seluruh dunia saat ini. Dengan kata lain, dengan menutup 0,1% saja permukaan bumi dengan divais *solar cell* yang memiliki efisiensi 10% sudah mampu untuk menutupi kebutuhan energi di seluruh dunia saat ini [2].

Saat tengah hari yang cerah radiasi sinar matahari mampu mencapai 1000 watt per meter persegi. Jika sebuah piranti semikonduktor seluas satu meter persegi memiliki efisiensi 10 persen, maka modul sel surya ini mampu memberikan tenaga listrik sebesar 100 watt. Modul sel surya komersial memiliki efisiensi berkisar antara 5 hingga 15 persen tergantung material penyusunnya. Tipe silikon kristal merupakan jenis piranti sel surya yang memiliki efisiensi tinggi meskipun biaya pembuatannya relatif lebih mahal dibandingkan jenis sel surya lainnya. Masalah yang paling penting untuk merealisasikan sel surya sebagai sumber energi alternatif adalah efisiensi peranti sel surya dan harga pembuatannya. Efisiensi didefinisikan sebagai perbandingan antara tenaga listrik yang dihasilkan oleh peranti sel surya dibandingkan dengan jumlah energi cahaya yang diterima dari pancaran sinar matahari. Pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) sebenarnya tergantung pada efisiensi konversi energi dan konsentrasi sinar matahari yang diterima sel tersebut. Professor Smalley, peraih Nobel bidang kimia, menyatakan bahwa teknologi nano menjanjikan peningkatan efisiensi dalam pembuatan sel surya antara 10 hingga 100 kali pada sel surya. Indonesia sebenarnya sangat berpotensi untuk menjadikan sel surya sebagai salah satu sumber energi masa depan mengingat posisi Indonesia pada garis khatulistiwa yang memungkinkan sinar matahari dapat optimal diterima di hampir seluruh Indonesia sepanjang tahun. Kondisi puncak atau posisi matahari tegak lurus, sinar matahari yang jatuh di permukaan panel surya di Indonesia seluas satu meter persegi akan mampu mencapai 900 hingga 1000 Watt. Dan yang lebih menakjubkan lagi, total intensitas penyinaran perharinya di Indonesia mampu mencapai 4500 watt hour per meter persegi yang membuat Indonesia tergolong kaya sumber energi matahari ini [3].

Sistem hibrid PLTS dengan listrik PLN (*grid connected*) atau sumber pembangkit listrik yang lain dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis, yaitu tanpa baterai dan yang menggunakan baterai [4]. Pada penelitian ini akan dibahas mengenai sistem hibrid PLTS dengan PLN yang menggunakan baterai sebagai penyimpan energi listrik (*storage system*). Sistem hibrid PLTS dengan listrik PLN dapat diterapkan pada rumah dipertanian, serta menganalisis faktor yang mempengaruhi besarnya energi listrik yang dihasilkan sel surya berkaitan dengan waktu kerja sistem PLTS.

Penelitian yang berhubungan dengan sistem hybrid [5] Perancangan Sistem Hybrid Pembangkit Listrik Tenaga Surya Dengan Jala-jala Listrik PLN Untuk Rumah Perkotaan, penelitian ini hanya sebatas perancangan untuk rumah dengan daya 2200 VA, blok diagram pemanfaatan sel surya dan lampu LED



Gambar 1. Blok Diagram Pemanfaatan Sel Surya dan Lampu LED

1.1 Dasar Sel Surya

Sel Surya diproduksi dari bahan semikonduktor yaitu silikon berperan sebagai isolator pada temperatur rendah dan sebagai konduktor bila ada energi dan panas. Sebuah Silikon Sel Surya adalah sebuah diode yang terbentuk dari lapisan atas silikon tipe n (silicon doping 3 of “phosphorous”), dan lapisan bawah silikon tipe p (silicon doping of “boron”). Elektron-elektron bebas terbentuk dari million photon atau benturan atom pada lapisan penghubung (junction= 0.2-0.5 micron) menyebabkan terjadinya aliran listrik.

Pengembangan Sel Surya semakin banyak menggunakan bahan semikonduktor yang bervariasi dan Silikon yang secara Individu (chip) banyak digunakan diantaranya:

- a) Mono-crystalline (Si)
Dibuat dari silikon kristal tunggal yang didapat dari peleburan silikon dalam bentukan bujur. Sekarang Mono-crystalline dapat dibuat setebal 200 mikron, dengan nilai efisiensi sekitar 24%.
- b) Polycrystalline/Multi-crystalline (Si)
Dibuat dari peleburan silikon dalam tungku keramik, kemudian pendinginan perlahan untuk mendapatkan bahan campuran silikon yang akan timbul diatas lapisan silikon. Sel ini kurang efektif dibanding dengan sel Polycrystalline (efektivitas 18%), tetapi biaya lebih murah.
- c) Gallium Arsenide (GaAs)
Sel Surya Gallium Arsenide pada unsur periodik III-V berbahan semikonduktor ini sangat efisien dan efektif dalam menghasilkan energi listrik sekitar 25%. Banyak digunakan pada aplikasi pemakaian Sel Surya.

1.2 Faktor Pengoperasian Sel Surya

Faktor dari pengoperasian Sel Surya agar didapatkan nilai yang maksimum sangat tergantung beberapa faktor yaitu:

- a) Ambient air temperature
Sebuah Sel Surya dapat beroperasi secara maksimum jika temperatur sel tetap normal (pada 250 Celsius), kenaikan temperatur lebih tinggi dari temperatur normal pada PV sel akan melemahkan tegangan (Voc). Setiap kenaikan temperatur Sel Surya 10 Celsius (dari 250) akan berkurang sekitar 0.4 % pada total tenaga yang dihasilkan atau akan melemah dua kali (2x) lipat untuk kenaikan temperatur Sel per 100C [6].
- b) Radiasi matahari
Radiasi matahari di bumi dan berbagai lokasi bervariasi, dan sangat tergantung keadaan spektrum solar ke bumi. Insolation solar matahari akan banyak berpengaruh pada *current* (I) sedikit pada tegangan [6].
- c) Kecepatan angin bertiup
Kecepatan tiup angin disekitar lokasi larik PV dapat membantu mendinginkan permukaan temperatur kaca-kaca larik PV
- d) Keadaan atmosfer bumi
Keadaan atmosfer bumi berawan, mendung, jenis partikel debu udara, asap, uap air udara (Rh), kabut dan polusi sangat menentukan hasil maximum arus listrik dari deretan PV.
- e) Orientasi panel atau larik PV
Orientasi dari rangkaian PV (larik) ke arah matahari secara optimum adalah penting agar panel/deretan PV dapat menghasilkan energi maksimum. Selain arah orientasi, sudut orientasi dari panel/deretan PV juga sangat mempengaruhi hasil energi maksimum. Sebagai guideline: untuk lokasi yang terletak di belahan Utara latitude, maka panel/deretan PV sebaiknya diorientasikan ke Selatan, orientasi ke Timur Barat walaupun juga dapat menghasilkan sejumlah energi dari panel-panel/deretan PV, tetapi tidak akan mendapatkan energi matahari optimum.
- f) Posisi letak sel surya (larik) terhadap matahari
Mempertahankan sinar matahari jatuh ke sebuah permukaan panel PV secara tegak lurus akan mendapatkan energi maksimum $\pm 1000 \text{ W/m}^2$ atau 1 kW/m^2 . Kalau tidak dapat mempertahankan ketegak lurus antara sinar matahari dengan bidang PV, maka ekstra luasan bidang panel PV dibutuhkan (bidang panel PV terhadap sun altitude yang berubah setiap jam dalam sehari). (Sumber: Solar Electricity, Lorenzo Eduardo.) Solar Panel PV pada Equator (latitude 0 derajat) yang diletakkan mendatar (tilt angle = 0) akan menghasilkan energi maksimum, sedangkan untuk lokasi dengan latitude berbeda harus dicari "tilt angle" yang optimum.

1.3 Energi Listrik

Energi listrik adalah kemampuan untuk melakukan atau menghasilkan usaha listrik (kemampuan yang diperlukan untuk memindahkan muatan dari satu titik ke titik yang lain). Besarnya energi listrik ditentukan dengan persamaan 1-3.

$$W = Q \cdot V \quad (1)$$

dengan :

W = Energi listrik (Joule)

Q = Muatan listrik (Coulomb)

V = Beda potensial (Volt)

Karena $I = Q/t$ maka diperoleh persamaan

$$W = V.I.t \quad (2)$$

Apabila persamaan tersebut dihubungkan dengan hukum Ohm ($V = I.R$) maka diperoleh persamaan

$$W = I.R.I.t \quad (3)$$

Satuan energi listrik lain yang sering digunakan adalah kalori, dimana 1 kalori sama dengan 0,24 Joule selain itu juga menggunakan satuan kWh (kilowatt jam).

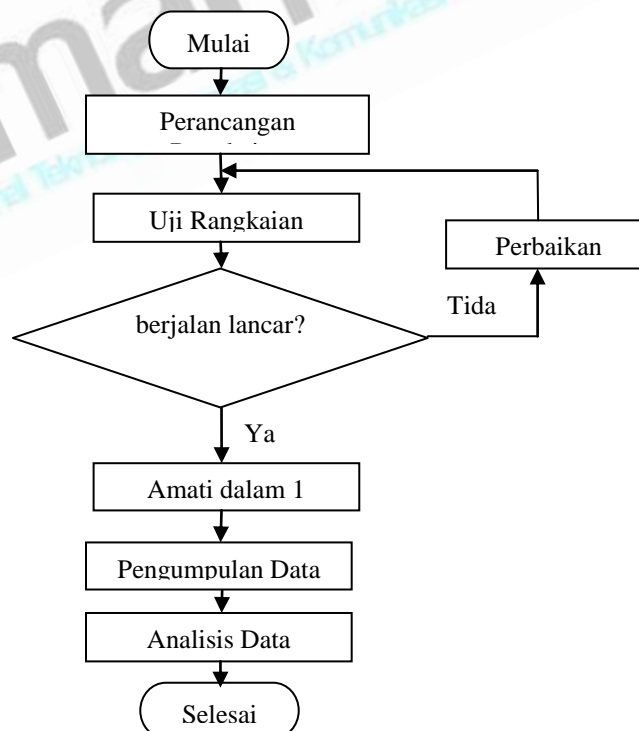
1.4 Battery Charger Regulator (BCR) dan Inverter

Battery Charge Regulator (BCR) mempunyai dua fungsi utama. Fungsi utama sebagai titik pusat sambungan ke beban, modul sel surya dan aki. Fungsi yang kedua adalah sebagai pengatur sistem agar penggunaan listriknya aman dan efektif, sehingga semua komponen-komponen sistem aman dari bahaya perubahan level tegangan. BCR yang digunakan adalah BCR dengan kapasitas arus 2A, dan tegangan 12 V.

Inverter berfungsi untuk merubah arus dan tegangan listrik DC (*direct current*) yang dihasilkan array PV menjadi arus dan tegangan listrik AC (*alternating current*). Inverter yang digunakan adalah inverter dengan kapasitas 500 W, tegangan masukan DC 12 V, dan tegangan keluaran AC 230V.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian diawali dengan perancangan sistem (sel surya sebagai sumber dan lampu LED sebagai beban), merangkai 2 panel *solar cell* yang memiliki keluaran maksimal 20 watt secara paralel, panel sel surya dihubungkan dengan *Battery Charge Regulator* (BCR). BCR ini berfungsi untuk mengatur pengisian *Accu*, *Accu* tersebut dihubungkan dengan *Switch Controller* dan *Power Inverter*. *Switch Controller* berfungsi sebagai otomasi antara sumber yang akan dipakai, jika tegangan *Accu* sudah tidak mampu untuk menyuplai beban maka secara otomatis akan berpindah ke jala-jala PLN. *Power Inverter* berfungsi untuk mengubah tegangan DC dari *Accu* menjadi tegangan AC untuk menyuplai beban. Pengisian *Accu* dari panel *solar cell* dilakukan dari awal terbit matahari sampai terbenamnya matahari. Pengujian dilaksanakan pada malam hari, saat itu pula pengambilan data dilaksanakan sehingga hasil penelitian dapat langsung diketahui. Adapun data yang didapat dari penelitian tersebut adalah nilai dari tegangan (volt), serta arus (ampere). Setelah hasil penelitian tersebut didapat, dilanjutkan dengan menganalisa seberapa efektif sistem hybrid PLTS dengan jala-jala PLN di dalam pemakaian rumah tangga. diagram alir penelitian secara detail ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian yang dilakukan adalah penelitian mengenai kemampuan pembangkit listrik tenaga surya untuk mensuplai beban berupa lampu LED, dengan menggunakan 2 panel surya yang masing-masing panel mempunyai kemampuan 10 Wp. Pada penelitian ini menggunakan sistem otomatis untuk mensuplai beban yaitu sel surya sebagai pembangkit utama dan PLN sebagai pembangkit cadangan (backup) sehingga pada saat sel surya tidak mampu lampu LED tetap bisa beroperasi.

Hasil keluaran 2 panel surya 10 Wp yang dihubungkan secara paralel ditunjukkan pada tabel 1, hasil pengukuran sistem dibebani 1 buah lampu LED 10 mm dan 1 buah resistor 1,5 Kohm ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 1. Keluaran 2 panel surya 10 Wp yang dihubungkan secara paralel dengan beban 1 buah LED 10 mm dan 1 buah resistor 1,5 Kohm.

No	Pukul	Tegangan (V)	Arus (mA)	Daya (W)
1	06.00	13,8	7,5	1,035
2	07.00	15,54	8,5	1,3209
3	08.00	18,91	10,75	2,032825
4	09.00	19,1	10,75	2,05325
5	10.00	18,08	10	1,808
6	11.00	18,9	10,75	2,03175
7	12.00	18,57	10,5	1,94985
8	13.00	18,83	10,65	2,005395
9	14.00	18,55	10,5	1,94775
10	15.00	14,64	7,95	1,16388
11	16.00	10,17	5,5	0,55935
12	17.00	5,15	2,5	0,12875
13	18.00	2,75	0,5	0,01375

Tabel 2. Hasil pengukuran sistem yang dibebani lampu LED dan 1 buah resistor

Hari	Tanggal	Beban (w)	Start	Stop	Lama	V	I(a)
Senin*	01/11/2010	LED	5:30 PM	5:15 AM	11,5	220,7	0,06
Selasa*	02/11/2010	LED	5:30 PM	10:10 PM	4,5	220,3	0,06
Rabu*	03/11/2010	LED	5:45 PM	9:41 PM	4	220,6	0,06
Kamis*	04/11/2010	LED	4:55 PM	8:55 PM	4	220,2	0,06
Jumat*	05/11/2010	LED	4:35 PM	7:39 PM	3	219,9	0,06

* = Berawan / mendung

* = Hujan

Tegangan, arus dan daya rata-rata dari hasil keluaran 2 panel surya 10 Wp yang dihubungkan secara paralel dengan beban 1 buah LED 10 mm dan 1 buah resistor 1,5 Kohm adalah sebagai berikut :

$$\text{Rata-rata tegangan} = \sum V = \frac{V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_{13}}{13} \\ = 14.845 \text{ V/jam}$$

$$\text{Rata-rata arus} = \sum I = \frac{I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_{13}}{13} \\ = 8.18 \text{ mA/jam} \\ = 0.0818 \text{ A/jam}$$

Efisiensi produksi dari modul surya terdiri dari 2 modul PV yang dihubungkan secara paralel. Kapasitas daya listrik setiap modul pada kondisi standar adalah 10Wp (watt-peak) dengan arus maksimum (I_m) 0,59 ampere dan tegangan maksimum (V_m) 17 volt. Array PV mempunyai $I_m = 1,18A$ dan $V_m = 17V$ yang setara dengan daya keluaran (P_m) 20 watt adalah sebagai berikut :

$$P_{panel} = V_{rata-rata} \times I_{rata-rata}$$

$$= 14,845 \times 0,0818$$

$$= 1,214 \text{ watt}$$

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi produksi} &= \frac{P_{panel}}{P_{name\ plate}} \times 100\% \\ &= \frac{1,214}{20} \times 100\% \\ &= 0,0607 \times 100\% \\ &= 6,07\% \end{aligned}$$

Pengujian dengan menggunakan lampu LED mampu mensuplai rata – rata selama 5,4 jam (kemampuan tertinggi sebesar 11,5 jam dan terendah sebesar 3 jam), dengan intensitas cahaya lampu LED adalah 1750 lux. Lampu LED yang dipakai mempunyai pencahayaan yang fokus.

4. PENUTUP

4.1 Kesimpulan

Pemanfaatan sel surya merupakan salah satu solusi untuk mengurangi ketergantungan energi listrik ke PLN, dengan menggunakan sel surya berkapasitas 20 Wp, pada kondisi cerah sel surya mampu mensuplai beban lampu LED selama 11,5 jam. Penggunaan lampu LED sangat hemat dalam konsumsi energi listrik dan memiliki intensitas cahaya yang cukup yaitu 1750 Lux.

4.2 Saran

Pengaplikasian sel surya akan lebih baik dan memiliki kehandalan yang tinggi jika dibuat sebuah hybrid sistem (Sel Surya, Wind Energy dan PLN).

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. Muslich, 'Proyeksi Kebutuhan Listrik PLN Tahun 2003-2020', 2003.
- [2] B. Yulianto, 'Teknologi Sel Surya untuk Energi Masa Depan, 2008.
- [3] A. Riyadi, 'Clearinghouse Energi Terbaharukan dan Konservasi Energi', 2008.
- [4] G. Scheller, William, 'The Solar Electrichouse', <http://reocities.com.Eureka/1905/SOLARELECHOUSE>.
- [5] L. E Bien, I. Kasim, dan W. Wibowo, 'Perancangan Sistem Hybrid Pembangkit Listrik Tenaga Surya dengan Jala-jala Listrik PLN untuk Rumah Perkotaan,
- [6] E.Lorenzo, 'SolarElectricity', <http://books.google.co.id/books?id=IYc53xZyxZQC&printsec=frontcover&dq=Solar+Electricity>.